Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 52-62 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.62160

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۳۹۸، صفحهٔ ۶۲-۵۲
نوع مقاله: پژوهشی

مقایسه عملکرد و کارآیی مصرف آب سه رقم نخود در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی

امیرهوشنگ جلالی*

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۱

چکیده

به منظور مقایسه دو شیوه کشت دیم و کشت با یک مرحله آبیاری تکمیلی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب سه رقم نخود پژوهشی در سال ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رزوه (شهرستان چادگان- اصفهان) انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو روش کاشت (دیم و کاشت با یک نوبت آبیاری) به عنوان کرت اصلی و سه رقم نخود (آزاد، هاشم و آرمان) به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان دادند دو روش کاشت از نظر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب با هم تفاوت معنی‌دار داشتند. رقم آزاد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ترتیب با ۶۰۵/۷ و ۸۹۹/۸کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌داری (در سطح احتمال ۵درصد) عملکرد بالاتری نسبت به دو رقم دیگر تولید نمود. صرف نظر از نوع رقم، شاخص برداشت در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی افزایش معنی‌داری نشان داد و رقم آزاد از بیشترین مقدار شاخص برداشت (۳۴/۵درصد) برخوردار بود. سه رقم آزاد، هاشم و آرمان به ازای هر میلی‌متر آبیاری تکمیلی به ترتیب ۵/۸۸، ۴/۶۸ و ۵/۴۴کیلوگرم عملکرد اضافی (نسبت به شرایط دیم) تولید کردند. به طور خلاصه استفاده از رقم آزاد و انجام آبیاری تکمیلی نسبت به دو رقم دیگر نتایج بهتری دربرداشت.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، تعداد نیام، شاخص برداشت، نخود

مقدمه

از حدود ۷۷۰هزار هکتار از زمین‌های کشاورزی کشور که سالیانه به کشت حبوبات اختصاص می‌یابد، ۶۱درصد سهم نخود بوده که غالباً به صورت دیم کشت می‌گردد (Agricultural Statistics, 2014). سطح زیرکشت نخود در سال۲۰۱۴ نزدیک به ۱۳/۹۸میلیون هکتار با عملکرد متوسط ۱۳/۷۳میلیون تن بوده است (FAOSTAT, 2016).

یکی از مسائل اساسی پیش‌رو در زمینه تولید نخود تنش خشکی بوده به گونه‌ای که در اکثر مناطق، تولید نخود در اثر کمبود رطوبت به ویژه در طی دوره رشد زایشی با محدودیت مواجه شده (Lake & Sadras, 2014) و برخی پژوهشگران سهم عامل خشکی در کاهش عملکرد نخود را معادل ۴۵درصد می‌دانند (Pezeshkpur & Khademi, 2004). خشکی خاک مانع توسعه عادی سامانه ریشه و گره در حبوبات شده و کاهش تماس ریشه با خاک منجر به محدودیت جذب آب و عناصر غذایی می‌شود (Pacucci *et al*., 2006). تسریع در پیری برگ‌ها و شروع همزمان ریزش نیام‌ها از دلایل افت عملکرد ناشی از تنش رطوبتی است (Mustafavi *et al*., 2013). در برخی پژوهش‌ها مرحله پرشدن دانه در گیاه نخود، به عنوان حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی معرفی شده (Mohammadi *et al*., 2007) و برخی دیگر هر دو مرحله گل‌دهی و پُرشدن دانه را به عنوان مرحله رشدی حساس گیاه نخود معرفی نموده‌اند (Malhotra & Saxena, 2002).

واکنش ارقام مختلف نخود به تنش، به زمان و شدت تنش بستگی داشته و در ابتدای رشد موجب کاهش ارتفاع گیاه و شاخه‌دهی شده و در مراحل انتهایی رشد نخود باعث ریزش گل و نیام می‌شود (Fang *et al*., 2010). در اراضی دیم ایران عملکرد نخود حدود ۵۰۰کیلوگرم است، درحالی‌که پژوهش‌ها نشان می‌دهد تنها با بهبود عملیات زراعی (حداقل یک نوبت آبیاری تکمیلی) می‌توان عملکرد را تا ۵۰درصد افزایش داد (Soltani *et al*., 2016). گزارش‌هایی مبنی بر دوبرابرشدن عملکرد دانه و سوددهی نسبی (نسبت منفعت به هزینه) نخود با انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی (گل‌دهی و دانه‌بندی) نیز وجود دارد (Feri & Nemati, 2000).

***نویسنده مسئول:** اصفهان، شهرک امیریه، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی
jalali51@yahoo.com

به دلیل وجود ارقام مقاوم به سرما و مقاوم به بیماری برق زدگی[1] مناطق وسیعی از غرب استان اصفهان (شهرستان‌های چادگان، فریدن، فریدون شهر، خوانسار، گلپایگان و سمیرم) مستعد کشت نخود به صورت دیم (یا دیم به همراه آبیاری تکمیلی) شده‌اند. پژوهش حاضر به منظور مقایسه عملکرد و ویژگی‌های زراعی سه رقم نخود (آزاد، هاشم و آرمان) در شرایط دیم و یا یک نوبت آبیاری تکمیلی در شهرستان چادگان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رزوه (شهرستان چادگان) واقع در ۱۷کیلومتری شمال شرق اصفهان (۳۲درجه و۵۰دقیقه شمالی و۵۰درجه و ۳۴دقیقه شرقی) با استفاده از آزمایش کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. دو روش کاشت دیم و کاشت با یک نوبت آبیاری در اواخر دوره نیام دهی در اواخر اردیبهشت (معادل۵۰میلی‌متر آب در هکتار) به عنوان کرت اصلی و سه رقم جدید نخود (هاشم، آزاد و آرمان) به عنوان کرت فرعی در چهار تکرار اجرا شد. برخی ویژگی‌های خاک منطقه آزمایش در جدول۱ و ویژگی‌های هواشناسی در شکل۱ نشان داده شده است.

کشت به صورت دستی انجام و در هر کرت آزمایشی ۱۵خط با فواصل بین ردیف ۳۰ و فاصله روی ردیف ۱۲سانتی متر به طول چهار متر در تاریخ اول آذر ایجاد شد (تراکم حدود ۳۰بوته در مترمربع).

عملیات آماده‌سازی زمین شامل یک مرحله شخم یک ماه قبل از کشت، یک مرحله دیسک و ماله‌کشی زمین بود و عمق کاشت ۷-۵سانتی‌متر درنظرگرفته شد. قبل از کشت بذرهای همه ارقام (تهیه‌شده از معاونت تحقیقات دیم سرارود) با قارچ‌کش بنومیل دو در هزار ضدعفونی شدند. عملیات وجین علف‌های هرز به صورت دستی و در بهار انجام شد. بر اساس نتایج آزمون خاک نیازی به مصرف کودهای فسفات و پتاسیم نبود، ولی ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن خالص (از نوع اوره) در دو نوبت (نصف قبل از کاشت پس از خاک‌ورزی اولیه زمین و نصف دو هفته پس از سبز شدن) به خاک اضافه شد.

تاریخ برداشت اول تیرماه بود. در زمان برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، با حذف دو خط کناری از وسط خطوط انجام شد. اجزای عملکرد (تعداد بوته در مترمربع، تعداد دانه در هر بوته، وزن۱۰۰دانه، تعداد نیام و تعداد دانه در نیام) بر اساس ۲۰بوته از هر کرت اندازه‌گیری شدند. شاخص برداشت بر اساس کل سطح برداشت‌شده از هر کرت (پس از حذف حاشیه) با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد که در آن GY عملکرد دانه و BY عملکرد بیولوژیک گیاه است:

$$HI = (GY/BY) \times 100$$

آب مصرفی بر اساس تعداد آبیاری‌های انجام‌شده و با استفاده از پارشال فلوم سه‌اینچی و با استفاده از فرمول زیر اندازه‌گیری شد.

$$Q_C = K\, H^{n}$$

در این فرمول QC و H به ترتیب دبی بر حسب متر بر ثانیه و ارتفاع آب در نقطه بالادست پارشال فلوم بر حسب متر بوده و K و n برای پارشال فلوم سه‌اینچی به ترتیب اعداد ثابت ۰/۱۷۶۵ و ۱/۵۴۷ هستند (Smith, 1981).

محاسبه کارآیی مصرف آب بر اساس فرمول زیر بود (Tanner & Sinclair, 1983):

$$WUE = Y/WC$$

در این فرمول Y عملکرد دانه و WC مقدار آب مصرفی (در شرایط دیم و یک نوبت آبیاری تکمیلی) است. نتایج با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری ۵درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آمار هواشناسی در سال انجام مطالعه بیانگر آن است که بارش اوایل بهار در مقایسه با آمار مشابه بارش درازمدت قدری بهتر بوده، ولی با نزدیک‌شدن به اواخر بهار الگوی مشابهی مشاهده می‌شود (جدول ۲). البته به این نکته نیز باید توجه نمود که بارش‌های اواخر زمستان در الگوی درازمدت بیشتر از بارش در سال مطالعه بوده است. این بارش‌ها می‌تواند نقش مهمی برای شروع رشد داشته باشد. سال انجام آزمایش با توجه به میانگین بیشینه و کمینه دما، سالی خنک‌تر نسبت به میانگین درازمدت بود.

نتیجه تجزیه واریانس صفات مختلف در جدول۳ نشان داده شده است. دو روش کشت دیم و کشت با یک نوبت آبیاری تکمیلی به‌جز در رابطه با صفت تعداد شاخه در بوته بر سایر صفات تأثیر معنی‌دار داشت. سه رقم استفاده‌شده در این آزمایش از نظر صفات ارتفاع، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت (در سطح احتمال ۵درصد) و صفات عملکرد دانه و تعداد نیام در بوته (در سطح احتمال ۱درصد) تفاوت معنی‌دار نشان دادند. تأثیر برهمکنش دو تیمار شیوه کاشت و رقم بر کلیه صفات آزمایشی (به‌جز وزن۱۰۰دانه، تعداد شاخه در بوته و عملکرد بیولوژیک) معنی‌دار بود.

[1] *Ascochyta blight*

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Some physical and chemical properties of the soil in study location

مواد آلی (درصد) **O.C (%)**	اسیدیته **pH**	هدایت الکتریکی **EC (dS m^{-1})**	رس (درصد) **Clay (%)**	سیلت (درصد) **Silt (%)**	شن (درصد) **Sand (%)**	بافت **Texture**
0.58	7.5	0.5	26	41	33	Clay-Loam

جدول ۲- تغییرات کمینه و بیشینه دما و میزان بارش در طول فصل رشد در مقایسه با آمار ۲۰ساله منطقه آزمایش

Table 2. The minimum and maximum temperature variations and rainfall rates during the growing season compared with the 20-year data

	فصل رشد (Growth season)								
	آبان **Oct.**	آذر **Nov.**	دی **Dec.**	بهمن **Jan.**	اسفند **Feb.**	فروردین **Mar.**	اردیبهشت **Apr.**	خرداد **May**	تیر **June**
کمینه دما ۲۰ساله The minimum temperature for 20 years	0.15	-5.58	-9.2	-7.35	-1.98	2.14	6.28	9.45	12.82
کمینه دما در سال پژوهش Minimum temperature in the study year	6.21	-1.08	-4	-5.16	-1.51	-3.12	4	6.88	11.14
بیشینه دما ۲۰ساله The maximum temperature for 20 years	15.37	8.18	4.75	6.45	13.47	17.99	23.14	29.1	32.27
بیشینه دما در سال پژوهش Maximum temperature in the study year	23.01	12.94	9.49	9.23	10.32	10.45	17.02	22.3	28.23
متوسط بارش ۲۰ساله The average rainfall for 20 years	48.9	44.4	44.7	53.4	34.19	39.84	15.84	3.65	0.35
متوسط بارش در سال پژوهش Average rainfall in the study year	8.7	72.6	24.3	10.2	47	64.2	29	20.5	0.7

ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی

دامنه تغییرات ارتفاع بوته از ۲۸/۲سانتی‌متر در رقم آزاد (کشت دیم) تا ۴۰/۶ در رقم آرمان (کشت با یک نوبت آبیاری تکمیلی) تغییر کرد (جدول ۴). اگرچه ارتفاع بوته در هر سه رقم در روش کشت با یک نوبت آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم بیشتر بود، اما در هر دو روش کشت، ارتفاع بوته در رقم آرمان نسبت به دو رقم دیگر به طور معنی‌داری افزایش داشت.

بخشی از این تفاوت ارتفاع بوته را می‌توان به ویژگی‌های مربوط به هر رقم مرتبط دانست. ارتفاع رقم آرمان در شرایط معمول زراعی بیش از ۵۵سانتی‌متر بوده، در حالی که این عدد برای دو رقم آزاد و هاشم به ترتیب ۴۷ و ۵۰سانتی‌متر است (Shobeiri, 2014). در مقایسه ۱۲ژنوتیپ نخود در شرایط تنش خشکی، تفاوت ارتفاع بوته‌ها در درجه اول به تفاوت‌های ژنتیکی آن‌ها نسبت داده شد (Zare Mehrjerdi *et al.*, 2012). در شرایط تنش خشکی عموماً ارتفاع بوته کاهش یافته و کاهش فاصله میان گره‌ها به عنوان سازوکاری برای مقابله با این تنش محسوب می‌شود (Abrishamchi *et al.*, 2012).

کاهش طول دوره رشد گیاه در شرایط تنش رطوبتی نیز از دلایلی دیگری است که برخی از محققان برای کاهش ارتفاع بوته به آن اشاره نموده‌اند (Shaban *et al.*, 2013). به هر حال تأثیر تنش رطوبتی بر ارتفاع ساقه به مرحله وقوع تنش بستگی داشته و آبیاری تکمیلی ضمن کاهش این تأثیر، باعث افزایش ارتفاع ساقه می‌گردد (Patel, 2005).

در پژوهش حاضر تأثیر آبیاری تکمیلی بر تعداد شاخه فرعی از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۴). این نتیجه با نتایج پژوهش‌هایی که در آن تیمارهای آبیاری باعث افزایش رشد و تعداد شاخه فرعی می‌شد، متفاوت بود (Shaban *et al.*, 2013؛ Goldani & Rezvani, 2007). علت این مسئله به زمان آبیاری تکمیلی برمی‌گردد.

در پژوهش حاضر زمان آبیاری تکمیلی در اواخر دوره نیام دهی انجام شد و عملاً زمان تولید شاخه فرعی برای گیاه گذشته بود. این امر به ویژه برای ارقام اصلاح‌شده (با فرم ایستا-رشدمحدود) نسبت به ارقام قدیمی نخود (با فرم خوابیده-رشدنامحدود) صادق است.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ارتفاع بوته، کارآیی مصرف آب، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته، تعداد نیام در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه و تعداد شاخه در بوته در گیاه نخود

Table 3. Analysis of variance for characteristics of plant height, water use efficiency, harvest index, biological yield, grain number plant^{-1}, pod plant^{-1}, 100 seed weight, grain yield and plant m^{-2} in chickpea plants

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته Branch Plant^{-1}	عملکرد دانه Grain yield
Block بلوک	3	18.10*	51.1^{ns}	103.11^{ns}
Planting manner (A) روش کاشت	1	90.60*	300.01^{ns}	170.40**
Error (a) خطا	3	9.45	600.01	67.19
Cultivar (B) رقم	2	18.92*	380.1^{ns}	1311.30**
روش کاشت× رقم(A×B)	2	22.64*	245.3^{ns}	1105.60**
Error (b) خطا	12	8.15	504.1	120.1
ضریب تغییرات (CV %)		16.18	15.45	9.30

ns: غیرمعنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح ۵درصد، **: معنی‌دار در سطح ۱درصد

ns :Non-significant; * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ارتفاع بوته، کارآیی مصرف آب، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته، تعداد نیام در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه و تعداد شاخه در بوته در گیاه نخود

Continue of Table 3. Analysis of variance for characteristics of plant height, water use efficiency, harvest index, biological yield, grain number plant^{-1}, pod plant^{-1}, 100 seed weight, grain yield and plant m^{-2} in chickpea plants

میانگین مربعات (MS)					
تعداد نیام در بوته Pod plant^{-1}	تعداد دانه دربوته Grain plant^{-1}	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
15.13*	0.03^{ns}	1.08^{ns}	124.0^{ns}	14.09^{ns}	127.10^{ns}
99.86**	1.04*	96.10*	2670.36**	59.10*	167.19**
10.12	0.007	300.01	1753.02	34.37	71.01
68.01**	1.09*	17.32*	1261.21^{ns}	204.00^{ns}	13.15^{ns}
89.1**	1.80**	11.01**	1050.40^{ns}	270.3^{ns}	56.16*
5.31	0.008	3.18	1302.1	308. 23	27.14
14.10	13.04	14.07	14.47	15.41	12.96

ns: غیرمعنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح ۵درصد، **: معنی‌دار در سطح ۱درصد

ns :Non-significant; * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

عملکرد دانه

رقم آزاد در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به ترتیب با عملکردهای ۶۰۵/۷ و ۸۹۹/۸کیلوگرم در هکتار به طور معنی دار (در سطح احتمال ۵درصد) عملکرد بالاتری نسبت به دو رقم دیگر تولید نمود (جدول ۴). ارقام هاشم و آرمان در هر دو روش کشت از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. در پژوهش حاضر یک نوبت آبیاری تکمیلی به ترتیب در ارقام آزاد، هاشم و آرمان موجب افزایش ۴۸/۵، ۴۴/۵ و ۵۳درصدی عملکرد دانه شد. این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران که معتقدند با یک نوبت آبیاری تکمیلی می‌توان عملکرد نخود در دیم‌زارهای کشور را ۵۰درصد افزایش داد، مطابقت دارد (Soltani *et al.*, 2016). مقدار بارش مؤثر از اردیبهشت به بعد (هم میانگین درازمدت منطقه و هم در سال مطالعه) به اندازه‌ای نیست که بتواند حمایت کافی از گیاه جهت تولید عملکرد مناسب به عمل آورد (جدول ۱). به همین دلیل آبیاری تکمیلی با تأمین بخشی از نیاز گیاه موجب افزایش عملکرد دانه شده است. به نظر می‌رسد در صورت داشتن منابع آبی کافی حتی می‌توان دو مرحله آبیاری تکمیلی پیشنهاد نمود. در برخی از گزارش‌ها انجام دو مرحله آبیاری تکمیلی (گل‌دهی و دانه‌بندی) منجر به دوبرابرشدن عملکرد دانه و سوددهی نسبی نخود شده است (Feri & Nemati, 2000). به هر حال تأکید بر تأثیر مثبت آبیاری تکمیلی بر عملکرد دانه نخود در سایر پژوهش‌ها نیز به چشم می‌خورد (Tuba Bicer *et al.*, 2004) و انجام تنها ۳۰میلی‌متر آبیاری در مرحله رشد دانه‌ها، با افزایش عملکرد ۳۰درصدی دانه‌ها همراه بوده است (Vadez *et al.*, 2012).

تعداد نیام در بوته

تعداد نیام در بوته یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد گیاه نخود محسوب می‌شود. در این پژوهش تعداد نیام به ترتیب در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم در ارقام آزاد، هاشم و آرمان ۱۹، ۱۵/۵ و ۱۷/۶درصد افزایش یافت (جدول۳). شرایط تنش خشکی در اواخر دوره رشد نخود به ویژه در ارقام کابلی موجب عقیم‌شدن و ریزش نیام‌ها شده و آبیاری تکمیلی می‌تواند از مقدار سقط و ریزش نیام‌ها بکاهد (Leport *et al.*, 2006). به هر صورت در هر دو نوع کشت، رقم آزاد به طور معنی‌داری تعداد نیام بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. به طور مشابه در یک پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری تکمیلی، انجام آبیاری در دو مرحله گل‌دهی و پُرشدن دانه‌ها تعداد نیام را از ۲۱/۰۷ عدد به ۳۶/۶۸عدد افزایش داد (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012). با تأمین رطوبت در زمان نیام‌دهی، علاوه بر این که سطح سبز گیاه (برگ‌ها) برای مدت بیشتری حفظ شده و انتقال مواد فتوسنتزی به نیام‌ها تداوم می‌یابد، ریزش نیام ناشی از کم‌آبی نیز کمتر می‌شود (Jalota *et al.*, 2006). به هر حال تنش رطوبتی در مراحل نخستین نیام‌دهی که معمولاً با زردشدن (پیری برگ) همراه است، از مجموع تعداد نیام‌های نهایی در گیاه می‌کاهد (Liu *et al.*, 2003).

جدول ۴- مقایسه تأثیر برهمکنش روش کشت و رقم بر عملکرد و اجزای عملکرد

Table 4. Comparison of the effect of interaction between planting methods and cultivar on yield and yield components

روش کاشت Planting manner	رقم Cultivar	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha^{-1})	تعداد نیام در بوته Pod plant^{-1}	تعداد دانه در بوته Grain pod^{-1}	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
دیم Rainfed	آزاد Azad	28.2b	605.7a	18.2a	11.1a	34.5a
	هاشم Hashem	30.5b	526.4b	17.4b	9.7b	33.5ab
	آرمان Arman	35.7a	512.9b	17.3b	9.5b	33.2b
آبیاری تکمیلی Supplementary irrigation	آزاد Azad	30.5b	899.8a	22.5a	14.0a	32.6a
	هاشم Hashem	32.6b	760.7b	20.6b	12.0b	32.0a
	آرمان Arman	40.6a	785.0b	21.0b	12.1b	32.5a

در مقایسه دو روش کاشت و ارقام در هر روش کاشت، حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD در سطح ۵درصد).

In each planting methods, columns with similar letters are not statistically significant differences (LSD test 5%).

تعداد دانه در بوته

در شرایط آبیاری تکمیلی، تعداد دانه در بوته نسبت به شرایط دیم بیشتر بود (جدول ۴). تعداد دانه در ارقام آزاد، هاشم و آرمان در شرایط آبیاری تکمیلی به ترتیب ۱۴، ۱۲ و ۱۲/۱عدد بود که نسبت به شرایط دیم به ترتیب ۲۶، ۲۳/۷ و ۲۷/۳درصد افزایش نشان داد. برخی از پژوهشگران علت کاهش تعداد دانه در بوته را به کاهش تعداد نیام در شرایط تنش رطوبتی نسبت داده و معتقدند آبیاری تکمیلی می‌تواند از شدت این اثرات منفی بکاهد (Anjamshoaa *et al.*, 2011). در پژوهشی که به منظور بررسی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر ارقام نخود انجام شد، تنش رطوبتی باعث کاهش نیام‌های دارای دانه در ارقام نخود شد و بالعکس در تیمارهای با رطوبت کافی درصد نیام‌هایی که دارای دو دانه بودند، افزایش یافت (Eivazi *et al.*, 2012). در پژوهشی دیگر در خرم‌آباد دو نوبت آبیاری تکمیلی، تعداد دانه در بوته را ۷۲درصد افزایش داد (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012). تأمین ناکافی مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای تکامل بذر و جنین از دلایل دیگر کاهش تعداد دانه در شرایط دیم عنوان شده است (Tuba Bicer *et al.*, 2004).

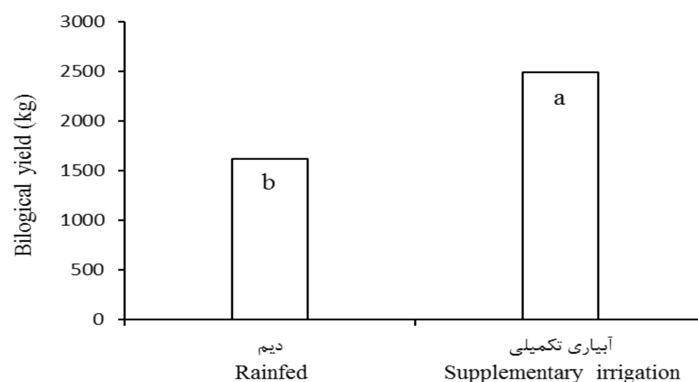
شاخص برداشت

صرفنظر از نوع رقم، شاخص برداشت در شرایط دیم نسبت به شرایط با آبیاری تکمیلی بیشتر بود (جدول ۴). در شرایط دیم رقم آزاد با شاخص برداشت ۳۴/۵ بالاترین مقدار شاخص برداشت را داشت و این مقدار به طور معنی‌داری بالاتر از شاخص برداشت رقم آرمان با شاخص برداشت ۳۳/۲ بود. در شرایط آبیاری تکمیلی تفاوت معنی‌داری بین شاخص برداشت ارقام مشاهده نشد. افزایش

شاخص برداشت در شرایط دیم به این دلیل است که رشد شاخسار گیاهی (کاهش رشد) در این شرایط بیش از عملکرد دانه تحت تأثیر قرار گرفته است. در نقطه مقابل در شرایط آبیاری تکمیلی تأثیر آبیاری بر رشد رویشی اندام‌های هوایی (افزایش رشد) بیش از تأثیر آن بر عملکرد دانه بوده و بنابراین شاخص برداشت ثابت باقی مانده و مقادیر آن نسبت به شرایط دیم کمتر است. نتایج مشابهی توسط برخی محققان گزارش شده (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012)، با این تفاوت که بین دو رقم آزمایشی در آن پژوهش در شرایط دیم، تفاوت معنی‌داری از نظر این نظر مشاهده نشد. بر خلاف نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، در برخی دیگر از پژوهش‌ها شاخص برداشت در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش نشان داده است (Anjamshoaa *et al*., 2011). در این گونه پژوهش‌ها، تنش رطوبتی به جای دوره رشد زایشی به طور یکنواخت در کل دوره رشدی گیاه اعمال شده است. به هر حال واکنش ارقام مختلف به شرایط تنش رطوبت متفاوت بوده و بر این اساس می‌توانند شاخص برداشت متفاوتی نیز داشته باشند (Imran *et al*., 2015).

عملکرد بیولوژیک

تأثیر برهمکنش روش کاشت و رقم بر صفت عملکرد بیولوژیک از نظر آماری معنی‌دار نبود و بین ارقام نیز از این نظر تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۳). تأثیر روش کاشت بر عملکرد بیولوژیک از نظر آماری در سطح ۱درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه عملکرد بیولوژیک در کشت دیم با آبیاری تکمیلی بیانگر افزایش معنی‌دار این صفت (معادل ۵۳درصد) در شرایط آبیاری تکمیلی است (شکل ۱). تأثیر مثبت آبیاری تکمیلی بر صفاتی مثل تعداد نیام، تعداد دانه در نیام و ارتفاع بوته از دلایل افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری تکمیلی بود. به طور مشابه یک نوبت آبیاری تکمیلی برای نخود باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012). افزایش طول دوره رویشی و افزایش عمر مؤثر سایه‌انداز و جذب تشعشعات فتوسنتزی با افزایش سطح برگ از دلایل دیگر افزایش عملکرد بیولوژیک در شرایط مطلوب رطوبتی عنوان شده است (Anjamshoaa *et al*., 2011).



شکل ۱- مقایسه عملکرد بیولوژیک در دو شیوه کاشت دیم و آبیاری تکمیلی

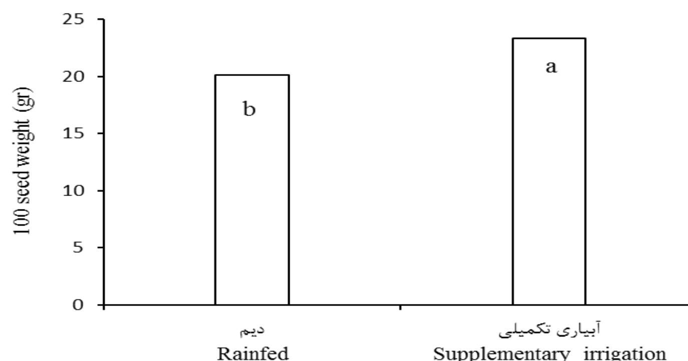
حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است.

Fig. 1. Comparison of biological yield in two methods rainfed and supplemental irrigation plantin

The same letters indicate no significant difference (LSD test 5%).

وزن۱۰۰دانه

تأثیر برهمکنش (روش کاشت و رقم) و همچنین تفاوت بین ارقام بر صفت وزن۱۰۰دانه از نظر آماری در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار نبود (جدول ۳). تأثیر روش کاشت بر وزن۱۰۰دانه از نظر آماری در سطح ۵درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). وزن۱۰۰دانه در شرایط دیم نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی کاهش معنی‌داری داشت (۱۴درصد) (شکل ۲). معمولاً تنش‌های رطوبتی در مرحله تشکیل دانه‌ها باعث عقیمی و کاهش تعداد دانه می‌شوند و بنابراین وزن دانه‌های باقیمانده به دلیل توزیع مواد فتوسنتزی بیشتر، کاهش نمی‌یابد (Ganjeali & Nezami, 2008). اما در صورت تداوم شرایط تنش رطوبتی تا مراحل پُرشدن دانه‌ها، با چروکیده‌شدن دانه‌ها وزن آن‌ها نیز کاهش می‌یابد (Malhotra & Saxena, 2002).



شکل ۲- مقایسه وزن۱۰۰دانه در دو شیوه کاشت دیم و آبیاری تکمیلی

حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار است.

Fig. 2. Comparison of 100 seed weight in two methods of rainfed and supplemental irrigation planting

The same letters indicate no significant difference (LSD test 5%)

کارآیی مصرف آب

درصورتی‌که مجموع بارش‌ها و آبیاری تکمیلی (فقط در روش کشتی که آبیاری تکمیلی در آن انجام شده) ملاک قرار گیرد، کارآیی مصرف آب در شرایط دیم در سه رقم آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت و مقدار آن در سه رقم آزاد، هاشم و آرمان به ترتیب برابر ۰/۲۱۸، ۰/۱۸۹ و ۰/۱۸۵کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب بود (جدول ۵). در شرایط آبیاری تکمیلی (بارش+یک مرحله آبیاری) رقم آزاد با کارآیی مصرف آب ۰/۲۷۵کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب نسبت به دو رقم دیگر افزایش معنی‌دار نشان داد که بیانگر استفاده کارآمدتر این رقم از آبیاری تکمیلی است. در شرایط معمول زراعی در مناطق مختلف استان اصفهان، کارآیی مصرف آب نخود با درنظرگرفتن راندمان آبیاری ۳۲درصد دامنه‌ای از ۰/۰۶ تا ۰/۱۴کیلوگرم به ازای هر مترمکعب داشته است (معادل ۰/۱۹ تا ۰/۴۴کیلوگرم به ازای هر مترمکعب بر اساس آبیاری خالص) (Dehghan *et al.*, 2009).

در صورتی که ملاک محاسبه برای کارآیی مصرف آب فقط آب آبیاری باشد (موردی که در رابطه با روش کشت آبیاری تکمیلی مصداق دارد)، کارآیی مصرف آب در سه رقم آزاد، هاشم و آرمان به ترتیب ۱/۷۹، ۱/۵۲ و ۱/۵۷کیلوگرم به ازای هر متر مکعب خواهد بود (جدول ۵). این مطلب به آن معنی است که سه رقم آزاد، هاشم و آرمان به ازای هر میلی‌متر آبیاری تکمیلی به ترتیب ۵/۸۸، ۴/۶۸ و ۵/۴۴کیلوگرم عملکرد اضافی (نسبت به شرایط دیم) تولید کرده‌اند. به طور مشابه در پژوهش‌ها به رابطه مثبت آبیاری تکمیلی و افزایش کارآیی مصرف آب اشاره شده و دامنه‌ای از ۴/۲ تا ۵/۲کیلوگرم به ازای هر میلی‌متر آبیاری تکمیلی مورد تأکید قرار گرفته است (Oweis et al., 2004).

جدول ۵- مقایسه کارآیی مصرف آب دو شیوه کاشت دیم و کاشت با آبیاری تکمیلی

Table 5. Comparison of water use efficiency in two ways of rainfed planting, and planting with supplemental irrigation

رقم Cultivar	کارآیی مصرف آب Water use efficiency (Kg m^{-3}) دیم Rainfed	آبیاری تکمیلی (Supplementary irrigation) آبیاری Irrigation	 بارش+ آبیاری Rainfall +Irrigation
آزاد Azad	0.22 a	1.80 a	0.28 a
هاشم Hashem	0.19 a	1.52 b	0.23 b
آرمان Arman	0.18 a	1.57 b	0.24 b

در هر روش کاشت ستون‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD در سطح ۵درصد).

In every cultivation way, the columns with same letters are not statistically significant differences. (LSD test 5%).

نتیجه‌گیری

بر پایه نتایج حاصل از این پژوهش کشت نخود به ویژه با استفاده از آبیاری تکمیلی می‌تواند عملکرد دانه را نسبت به شرایط دیم بهبود داده و کارآیی استفاده از آب را نیز به طور قابل‌توجه افزایش دهد. در بین ارقام استفاده‌شده در این پژوهش رقم آزاد هم در شرایط دیم و هم در شرایط آبیاری تکمیلی می‌تواند قابل توصیه باشد.

سپاسگزاری

نویسنده بر خود لازم می‌داند از مسئولین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان به جهت همکاری و تأمین اعتبار لازم جهت این پژوهش سپاسگزاری نماید.

منابع

1. Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Sakeni, H.2012. Evaluation of morphological traits, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 3: 17-30. (In Persian with English Summary).
2. Agricultural Statistics. 2014. Ministry of Agricultural Jihad, The First Volume, Agricultural Products, 158 pages. (In Persian).
3. Anjamshoaa, S., Moeinrad, H., and Ebrahimi, H. 2011. The effects of different irrigation levels on grain yield and yield components of four chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) in Mashhad climatic condition. Iranian Journal of Pulses Research 2: 69-82. (In Persian with English Summary).
4. Dehghan, A., Zabihi-Afrouz, R., and Hosseini, M. 2009. Water Use Efficiency of Crops for Iran and Compare it with Countries of the World. Research Institute of Planning, Economics and Rural Development, Ministry of Agriculture, Tehran, 82 pages. (In Persian).
5. Eivazi, A., Taghikhani, H., Shiralizadeh, SH., Rezaei, M., and Mousavi Anzabi, S.H. 2012. Evaluation of response of chickpea genotypes to water deficit at different growth stages by using drought tolerance indices. Iranian Journal of Pulses Research 3: 81-92. (In Persian with English Summary).
6. Fang, X., Turner, N.C., Guijun. Y., Fengmin. L., and Siddique, K.H.M .2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. Journal of Experimental Botany 61: 335-345.
7. FAOSTAT. 2016. Statistics Crops. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC. (verified 15 Sep. 2015).
8. Feri, F., and Nemati, A. 2000. Economic evaluation of supplemental irrigation on rainfed wheat and pulses. p. 211-215, In: Proceedings of 6th Congress of Agriculture and Plant Breeding Science, 13-16 Sep., Mazandaran University. Babolsar, Iran (In Persian).
9. Ganjeali, A., and Nezami, A. 2008. Ecophysiology and Determinative Yield of Pulses. In: M. Parsa and A. Bagheri (Eds). Pulses, Mashhad University Jihad Press. Iran. Pp.125-170 [In Persian].
10. Goldani, M., and Rezvani, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea cultivars in Mashhad. Journal of Agriculture Science 14: 1-12. (In Persian with English Summary).
11. Imran, A., Mirza, M.S., Shah, T.M., Malik, K.A., and Hafeez, F.Y. 2015. Differential response of Kabuli and Desi chickpea genotypes toward inoculation with PGPR in different soils. Frontiers in Microbiology 6: 1-14.
12. Jalota, S.K., Sood, A., and Harman, W.L. 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield to irrigation water on two soils in Punjab (India): A simulation analysis using the CROPMAN model. Agricultural Water Management 79: 312-320.
13. Lake, L., and Sadras, V.O. 2014. The critical period for yield determination in chickpea. Field Crops Research 168: 1-7.
14. Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24: 236-246.
15. Liu, P., Gan, Y., Warkentinc, T., and McDonald, C. 2003. Morphological plasticity of chickpea in a semiarid environment. Crop Science 43: 426-429.
16. Malhotra, R.S., and Saxena, M.C. 2002. Strategies for overcoming drought stress in chickpea. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas 17: 20-23.
17. Mohammadi, G.H., Ghasemi-Golazani, K., Javanshir, A., and Moghaddam, M. 2007. Effect of water limitation on yield of three chickpea genotypes. Journal of Science and Technology of Agriculture 2: 109-120. (In Persian with English Summary).

18. Mustafavi, S.H., Ghassemi K., Shafagh-Kalvanagh, J., and Movludi, A. 2013. Effect of irrigation disruption at reproductive stages on grain filling of chickpea cultivars. International Journal of Agronomy and Plant Production 4: 863-868.
19. Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Water use efficiency of winter sown chickpea under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 66: 163-179.
20. Pacucci, G., Troccoli, C., and Leoni, B. 2006. Effect of supplementary irrigation on yield of chickpea genotypes in a Mediterranean climate. International Commission of Agricultural Engineering Journal 8: 1-9.
21. Patel, R.A. 2005. Response of chickpea to irrigation, FYM and sulphur on a sandy clay loam soil. International Journal of Constitutional Law 12: 22-24.
22. Pezeshkpur, P., and Khademi, K. 2004. Agricultural and genetically strategies for drought resistance in chickpea. Lorestan Agricultural Jahad Organization Issue 11: 88-92. (In Persian).
23. Shaban, M., Mansourifar, C., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S.H. 2013. Investigation of phenological and morphological characteristics and correlation them with yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and N fertilizer in Kermanshah province. Iranian Journal of Pulses Research 4: 59-64. (In Persian with English Summary).
24. Shobeiri, S. 2014. Technical Recommendations Planting and Harvesting Chickpea and Introduction of New Varieties. Ministry of Agricultural Jihad, Bureau of Educational Media, Publication Code 6-1-101-93. (In Persian).
25. Smith, R.E. 1981. Supercritical Flow Flumes for Measuring Sediment Laden Flow. Department of Agriculture, Technical Bulletin (1655).
26. Soltania, A., Hajjarpoura, A., and Vadez, V. 2016. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. Field Crops Research 185: 21-30.
27. Tadayyon, M.R., and Ghorbaninejad, A.J. 2012. Effect of supplementary irrigation and compost application on morphological traits and yield of two chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. Iranian Journal of Pulses Research 3: 31-44. (In Persian with English Summary).
28. Tanner, C.B., and Sinclair, T.R. 1983. Efficient water use in crop production: research or re-research? In H.M. Taylor *et al*. (Eds.). Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. (pp. 1-27). American Statistical Association, Madison, WI.
29. Tuba-Bicer, B., Narin, K.A., and Saker, D. 2004. The effect of irrigation on spring-sown chickpea. Journal of Agronomy Asian Network Science 3: 154-158.
30. Vadez, V., Soltani, A., and Sinclair, T.R., 2012. Modeling possible benefits of root related traits to enhance terminal drought adaptation of chickpea. Field Crops Research 137: 108-115.
31. Zare Mehrjerdi, M., Bagheri, A., Bahrami, A., Nabati, J., and Massomi, A. 2012. Evaluation of selection to drought by PEG in hydroponic condition of twelve chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Iranian Journal of Pulses Research 8: 67-80. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 52-62 (Research Article)

Comparison of yield and water use efficiency of three chickpea cultivars under rainfed and irrigation condition

Jalali[*], A.H.[1]

Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department,
Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

Received: 29 January 2017
Accepted: 2 July 2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.62160

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the oldest pulses crops in the world and one of the seven Neolithic founder crops in the Fertile Crescent of the Near East. Chickpea cultivars are grown mainly in the Mediterranean area, the Near East, Central Asia and America. In Iran, chickpea seeds are usually consumed in the form of mature, dry seed after cooking and processing in different ways. A total pulse crop cultivation area in Iran is nearly 770000 hectares and 61% of this amount is earmarked for chickpea. The chickpea is a good source of carbohydrates and protein, and 83.9% of the total constituent carbohydrates makeup from starch. Supplemental irrigation can be practiced to achieve the best yield with the least quantity of water available during reproductive periods. The effects of supplemental irrigation in chickpea showed that supplemental irrigation would improve chickpea growth and increase yield especially under dryland conditions (<500 mm).

Materials & Methods

This field experiment was conducted at the Rozve Experiment Station, at Agriculture and Natural Resources Research Center (32°50´ N, 50°34´ E), Esfahan, Islamic Republic of Iran, 17 Km north of Eastern of Chadegan in one cropping season (2014) on a sandy loam soil (EC=3.78 dS m^{-1}, pH=7.7 and OM=0.55%). In rotation before the chickpea, wheat was cultivated. The experiment was conducted as a split plot arranged in a randomized complete block design with four replications. Two methods of planting included of rainfed and one supplemental irrigation were considered as the main plot and three new varieties of peas (Hashem, Azad, and Arman) and local control varieties were subplots. Before planting the seeds of all varieties (prepared by the Department of Dryland Research Sara Rud) were sterilized with fungicides benomyl 2 per 1000. The weed control was done manually in the spring. Based on soil test results, there was no need for phosphate and potassium fertilizers. Water productivity (based on irrigation (WPI) + rainfall (R) were computed as: WPI (kgm^{-3}) = Grain yield (kg ha^{-1})/Irrigation water applied +Rainfall (m^3). The data were subjected to analysis of variance by SAS and means Fisher's Protected LSD (5%) was used for mean comparison.

Results & Discussion

Based on this study, two methods of planting in terms of yield, yield components, and water use efficiency were significantly different. Plant height ranges changed from 28.2 cm in Azad (rainfed) to 40.6 cm in Arman (supplementary irrigation). Although plant height in all three experimental varieties in cultivation methods with supplementary irrigation was higher than rainfed conditions, but in both methods of cultivation, plant height in Arman cultivar significantly increased compared to the other two varieties. However, the effect of water stress on plant height depends on the stage of water stress. Plants grown with supplemental irrigation has more height than plants grown under dryland conditions. Azad varieties in rainfed and supplemental irrigation with 605.7 and 899.8 kg ha^{-1} respectively, had significantly higher yield than other cultivars ($P \leq 5\%$). Inadequate supply of assimilates required for the development of seeds and embryos, is the reason for the decline in grain yield under dryland conditions. Number of pods per plant, is

***Corresponding Author:** jalali51@yahoo.com

one of the most important yield components of chickpea. In this study, the number of pods under rainfed conditions was reduced 19, 15.5 and 17.6 percent in Azad cultivars, Hashem and Arman, respectively in comparison with supplemental irrigation. Regardless of the variety, harvest index under rain fed conditions showed a significant increase compared with supplemental irrigation and Azad cultivar with harvest index equal to 34.5, had the highest harvest index. Three varieties of Azad, Hashem, and Arman, for every millimeter of supplemental irrigation produced 5.88, 4.86 and 5.44 Kg extra yield (relative to rainfed conditions), respectively.

Conclusion

Based on the results of this study, chickpea cultivation especially with use of supplemental irrigation can improve grain yield than dryland conditions. Among the cultivars used in this experiment Azad cultivar both in rainfed and supplemental irrigation can be recommended.

Keywords: Chickpea, Harvest index, Number of pods, Plant height